

蒟蒻飛粉添加煎餅の調整条件に関する研究

著者	加賀谷 みえ子, 小林 聖実, 星 美沙, 河合 潤子
雑誌名	梶山女学園大学研究論集 自然科学篇
号	48
ページ	89-97
発行年	2017-03-01
URL	http://id.nii.ac.jp/1454/00002359/

蒟蒻飛粉添加煎餅の調整条件に関する研究

加賀谷みえ子*・小林聖実*・星 美沙*・河合潤子*

Effects of Tobiko (Konnyaku Powder) on the Quality of Senbei

Mieko KAGAYA, Satomi KOBAYASHI, Misa HOSHI and Junko KAWAI

1. はじめに

我が国では昔から蒟蒻を食べる習慣があり、蒟蒻には食物繊維も多く含まれる。最近の動向として食物繊維は、生活習慣病の予防因子として注目されており、体内でコレステロールから作られる胆汁酸の排泄を促進し、血中コレステロールを下げ、食後の血糖値の急激な上昇を抑える働きがあるとの報告¹⁾がある。蒟蒻は伝統食品としてもよく知られており、我が国の蒟蒻芋の年間収穫量は平成26年で56,100t²⁾である。蒟蒻の製造過程で、生芋は保存性の面から問題が生じるため、現在は生芋を切断して乾燥し、粉末化した加工品が利用されている。蒟蒻芋の93%は荒粉に加工され、荒粉の約60%は精粉に加工され、残りの約40%は飛粉に副生される³⁾。飛粉には食物繊維・カルシウム・鉄・亜鉛が多く含まれているが、飛粉中のシュウ酸や、トリメチルアミン (TMA)、ジメチルアミン (DMA) には、えぐ味や特異な刺激的な生臭さがあるため、食用としては利用されず、産業廃棄物として処理されているのが現状である。そこで木村ら⁴⁾はこの飛粉の強い特異な刺激臭を超音波照射併用のエタノール浸漬処理で脱臭し得ることを見出し、精製飛粉の理化学性状、一般成分、食物繊維、無機成分含量を調べ、新規食品素材としての利用が期待できることを報告している。さらに精製飛粉の研究としてパンでは7%までの添加⁵⁾、ビスケットでは10%までの添加⁶⁾、蕎麦麺では7.5%の添加⁷⁾、カステラでは7.5%までの添加⁸⁾ができることを報告しているが精製飛粉添加煎餅の研究は見当たらない。

そこで本研究では、蒟蒻飛粉の量的利用拡大を図り、日本人に不足する栄養素を補うこと、そして環境負荷の低減化にも寄与すること、煎餅は日本に古くから伝わる焼き菓子であり、老若男女に好まれ、保存性にも優れ、間食として手軽に携帯でき、栄養の補給もしやすいところに着目し、精製飛粉添加煎餅の最適調製条件を見出すことを目的に研究を行い若干の知見を得たので報告する。

* 生活科学部 管理栄養学科

2. 実験方法

(1) 生地材料

蒟蒻飛粉（株式会社関越物産 平成26年度群馬県産）、料理用米粉（株式会社波里うるち米粉）、馬鈴薯澱粉（株式会社山本貢資商店）はすべて密閉容器に入れ5℃の低温で保存し、随時室温に戻して使用した。塩化ナトリウム（株式会社富田製薬試薬特級）、超純水（メルク株式会社ミリポア）を使用した。

(2) 蒟蒻飛粉の精製

蒟蒻飛粉の精製は50ml 遠心管に蒟蒻飛粉約5gと25%エタノール水溶液40mlを加え、ガラス棒を用いて手動攪拌で分散させながら、超音波発振装置（本多電子 W-113型）の水槽内で28kHz（5秒間）・45kHz（5秒間）・100kHz（1秒間）のマルチ周波発振で10分間超音波照射を施した。照射後の懸濁液を3500rpmで10分間遠心分離した後、上清を除去（1回目処理）した。さらに沈殿物に25%エタノール水溶液40mlを加え、再び5分間超音波照射と10分間遠心分離後に上澄み液を除去（2回目処理）し遠心管を逆さに立て1時間放置し得られた沈殿物を精製飛粉とした。以下、精製飛粉を飛粉とし、精製前を蒟蒻飛粉とする。飛粉は精製時のエタノール処理により、多量の水分が含まれる。生地の水分含量を一定に保つため、エタノール処理後の飛粉の水分含有率を算出した。飛粉の水分含有量を8回測定した結果、平均含有率は $59.2 \pm 0.8\%$ であったことから、精製後の飛粉中には水分が約60%含まれるとして煎餅の加水量を決定することとした。

(3) 煎餅生地の調製条件

煎餅生地の配合割合は表1に示した。米粉と馬鈴薯澱粉に食塩を加え、手動で混合後、飛粉、水を少しずつ流し入れながら混ぜ合わせた。水分が全体に行き渡った状態から100回捏ね、生地がまとまったら、1個5gに秤量し、丸く成型した。成型した生地は直ちに煎餅焼成機（有限会社エヌ・イー・ワークス製、NE-A-1型）に並べ、焼成温度170℃で7分間焼成した後、デシケーター内で1時間放冷したものをすべて試料とした。

表1 飛粉添加煎餅の配合割合 (%)

試料	飛粉	米粉	馬鈴薯 澱粉	水	食塩
D	0.0	40.5	17.3	41.6	0.6
d-1	5.0	39.0	16.8	38.6	0.6
d-2	10.0	37.7	16.1	35.6	0.6
d-3	15.0	36.2	15.5	32.6	0.6
d-4	20.0	34.9	14.9	29.6	0.6

D：基本（飛粉0%添加） d-3：飛粉15%添加 * 内割法
d-1：飛粉5%添加 d-4：飛粉20%添加
d-2：飛粉10%添加

(4) 測定方法

1) 重量

焼成前後の試料重量は電子天秤電子秤（Chyo Electronic Balance MP-3000型）で測定した。1 試料につき 5 枚ずつ測定した。重量変化率は焼成後の重量/焼成前の重量×100で算出した。

2) 水分量

試料の水分量は電動コーヒーマル（メリタジャパン株式会社製セレクトグラインド CG-II）で粉碎し、5 g 秤量し赤外線水分計（株式会社ケット科学研究所 FD-620型）で測定した。1 試料につき 5 回測定した。

3) 直径・厚さ・スプレッドファクター

試料の直径はM型ノギス（MATSUI 製デジタル表示のもの）を用い、対角線の 2 点を 2 回測定し、厚さはクリープメーターで測定された値を用いた。スプレッドファクターは直径 (mm) / 厚さ (mm) で算出した。

4) 色調

色調は測色色差計（日本電色工業株式会社製 NE-2000型）の反射法で測定した。試料は電動コーヒーマル（メリタジャパン株式会社製セレクトグラインド CG-II）で粉碎し、30mm φセルに詰めて Hunter 表色系の明度 (L*), 赤味度 (a*), 黄味度 (b*), 白度 (W), 色差 (ΔE) を測定した。1 試料につき 5 回測定した。L*, a*, b* 色差式から求めた色差値の評価は N.B.S 単位（米国国家標準局）⁹⁾を使用した。

5) 物理特性

試料の物性の測定装置はクリープメーター（株式会社山電製 RE2-33005s 型）、プランジャー No. 49, 試験台 PG-112, プランジャー No. 6, 試験台 No. 26038 を用いて、歯で噛んだ時と手で割った時の破断応力、破断歪および破断エネルギーをロードセル 200N で測定した。測定は 1 つの試料につき 7 回測定を行い、最大値と最小値を省いて求めた。

(5) 官能評価

被験者は健常若年女性 15 名（21～22 歳）で行った。官能評価方法は順位法を用いた。試料の位置効果や順序効果を避けるため、配置はラテン方格に従いランダム化して皿上に並べた。評価項目は、色の濃さ（濃い順位、好ましい順位）、硬さ（強い順位、好ましい順位）、臭い（強い順位）、味（好ましい順位）、総合評価（好ましい順位）の 7 項目に順位を付けさせた。それぞれの項目について試料ごとに順位合計を出した。

(6) 統計解析

結果は平均値と標準偏差で示した。各項目で得られたデータの解析は、測定値の試料間に対応のない t 検定、官能評価の順位法の検定はフリードマンの順位検定を行い、試料間の順位合計の差については最小有意差（LSD）法¹⁰⁾を用い、危険率 5 % 未満を有意差ありと判定した。

(7) 倫理的配慮

この研究を行うにあたり、まず椋山女学園生活科学部倫理審査委員会に研究内容を申請

し、審査を受け承認を得た。その後官能検査の被験者に対して事前に本研究の説明を行い、同意を得た上で研究を行った。

3. 結果及び考察

(1) 飛粉添加煎餅の形状の比較

蒟蒻飛粉量を0～20%添加した煎餅の焼成前後の試料重量および水分含量の変化を比較した結果を表2に示した。重量では飛粉無添加煎餅Dとd-1、d-2はほぼ同等値であり、d-3、d-4の順で、飛粉添加量の増加に伴い低下した。特にd-4はDと比較して有意 ($p<0.01$) に低下した。水分量ではDとd-1はほぼ同値であった。d-2は最も高値となり、その後、d-3、d-4の順で飛粉添加量の増加に伴い低下したが、全ての試料において、有意差はみられなかった。飛粉を10%以上添加した煎餅は無添加煎餅に比べて、水分含量が若干増加したことは飛粉中の炭水化物（グルコマンナン）が残っていたために保水力の影響があらわれたとも考えられる。飛粉添加煎餅の直径、厚さ、スプレッドファクターの結果を表3に示した。直径はいずれも48mm前後であった。飛粉無添加煎餅Dと比べてd-1で低値となった。d-2、d-3では飛粉添加量の増加に伴い、直径は大きくなったが、d-4で再び減少した。全ての試料間において有意差はみられなかった。厚さはいずれも2.5mm前後であっ

表2 飛粉添加煎餅の重量、水分含量

試料	重量 (g)	水分含量 (%)
D	2.59±0.02	1.56±0.21
d-1	2.58±0.02	1.58±0.25
d-2	2.58±0.04	1.82±0.26
d-3	2.55±0.04	1.68±0.10
d-4	2.51±0.03**	1.64±0.26

対応のないt検定 Dを基準としたt検定 (** $p<0.01$)

D: 基本（飛粉0%添加） d-3: 飛粉15%添加

d-1: 飛粉5%添加 d-4: 飛粉20%添加

d-2: 飛粉10%添加 (n=25)

表3 飛粉添加煎餅の直径、厚さ、スプレッドファクター

試料 ²⁾	直径 [mm]	厚さ [mm]	スプレッド ファクター
D	47.70±1.71	2.45±0.11	19.50±1.48
d-1	47.43±2.82	2.55±0.14	18.71±2.21
d-2	47.84±1.66	2.63±0.28	18.46±2.57
d-3	48.44±1.34	2.37±0.16	20.59±2.08
d-4	47.68±1.45	2.45±0.21	19.89±1.99

対応のないt検定 ns

D: 基本（飛粉0%添加） d-3: 飛粉15%添加

d-1: 飛粉5%添加 d-4: 飛粉20%添加

d-2: 飛粉10%添加 (n=25)

た。D と比べて、d-1、d-2 の順で飛粉添加量の増加に伴い厚みは若干大きくなった。全ての試料間で有意差はみられなかった。直径を厚さで除したスプレッドファクター値は大きいほど、やわらかく砕けやすいことを示している¹²⁾。スプレッドファクターは D と比較して、d-1、d-2 は飛粉添加量の増加に伴い低値となり、d-3、d-4 は高値となった。しかし全ての試料間で有意差はみられなかった。

(2) 飛粉添加煎餅の色調

飛粉添加煎餅の色調結果を表 4 に示した。明度 (L*) は飛粉無添加煎餅 D と比べて d-1、d-2、d-3、d-4 の順で飛粉添加量が増加するほど低下し試料間で有意差 ($p<0.001$) が認められた。赤味度 (a*) は D と比べて d-1、d-2、d-3、d-4 の順で飛粉添加量の増加に伴い有意 ($p<0.001$) に高値となった。黄味度 (b*) も D と比べて d-2、d-3、d-4 は有意 ($p<0.05$, $p<0.001$, $p<0.05$) に高値となった。D と d-1 では有意差はみられなかった。白度 (W) は、D と比べて、d-1、d-2、d-3、d-4 は飛粉添加量が増加するほどいずれも有意に低値 ($p<0.001$) となり暗くなった。飛粉無添加煎餅 D を基準として求めた色差 (ΔE) は、明らかに飛粉添加量増加に伴い値は増加した。色差を米国国立標準局の NBS 単位で分類すると人間が識別できるのは 1NBS 単位の 1/5~1/10 程度と言われている⁹⁾。したがって 4 種類の煎餅すべてで d-1、d-2 は「大きい」と評価され、d-3、d-4 は「非常に大きい」と評価され、色の差がはっきり識別できた。木村ら⁵⁾は飛粉の精製処理によって、明度、白色度が顕著に低下すること、色相の a 値の赤味度、b 値の黄味度が大きくなることを報告している。飛粉添加煎餅において、飛粉添加量が増加するほど茶褐色が濃くなったのは、蒟蒻芋中のポリフェノール酸化酵素による反応で飛粉の酵素的褐変がおこり、色調に影響したと考えられる。

表 4 飛粉添加煎餅の色調

試料	明度 (L*)	赤味度 (a*)	黄味度 (b*)	白度 (W)	色差 (ΔE) NBS
D	91.90 \pm 0.99	3.44 \pm 0.19	10.71 \pm 0.93	85.09 \pm 1.40	基準
d-1	85.53 \pm 0.38***	4.28 \pm 0.10***	11.00 \pm 1.25	78.79 \pm 0.60***	7.25
d-2	82.18 \pm 0.60***	4.69 \pm 0.09***	12.55 \pm 0.60*	74.75 \pm 0.75***	10.57
d-3	80.64 \pm 0.50***	4.84 \pm 0.12***	12.62 \pm 0.62***	73.54 \pm 1.12***	12.02
d-4	79.01 \pm 0.33***	5.02 \pm 0.09***	12.52 \pm 0.82*	71.47 \pm 0.57***	13.60

対応のない t 検定 D を基準とした t 検定 (* $p<0.05$, *** $p<0.001$)

D : 基本 (飛粉 0% 添加) d-3 : 飛粉 15% 添加

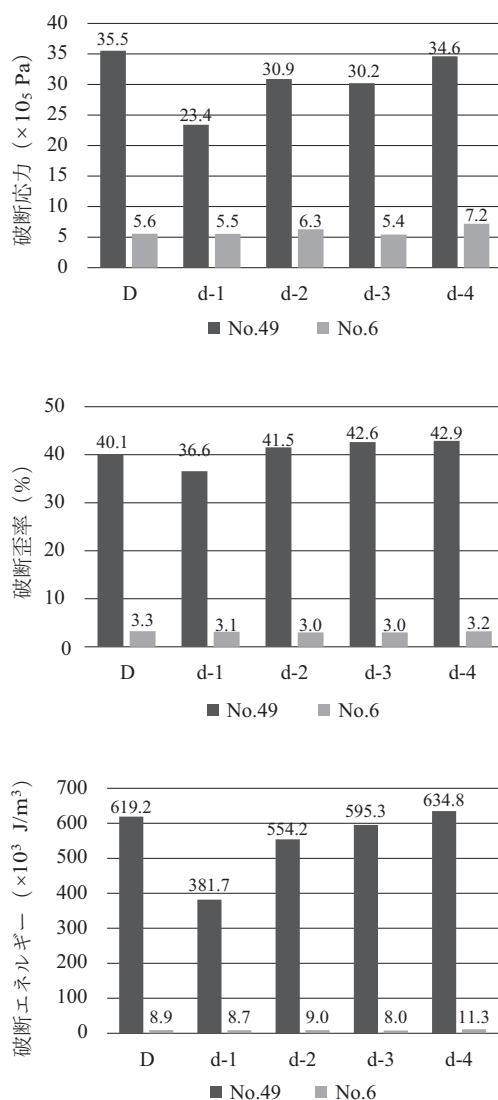
d-1 : 飛粉 5% 添加 d-4 : 飛粉 20% 添加

d-2 : 飛粉 10% 添加 (n=25)

NBS 単位 : National Bureau of standards (米国国立標準局の略)

(3) 飛粉添加煎餅の物理特性

飛粉添加煎餅の「歯で噛んだ時の硬さ」と「手で割った時の硬さ」の破断強度測定における飛粉添加量の比較の結果を図 1 に示した。煎餅を歯で噛んだ時の物理特性では、硬さ (プランジャー No. 49) の破断応力は、D が最も高値となった。飛粉無添加煎餅 D と比べて d-1 では低下し、d-2、d-3 はほぼ同じ値となった。d-4 では再び増加した。しかし試料ご



D：基本、d-1：飛粉 5%添加、d-2：飛粉 10%添加、d-3：飛粉 15%添加、
d-4：飛粉 20%添加 Dを基準とした対応のない t 検定 ns (n=25)

図 1 煎餅の破断強度測定における飛粉添加量の比較

とのバラツキが大きかった。破断歪率は飛粉添加量の増加に伴い徐々に増加した。破断エネルギーは飛粉添加量に伴い大きくなった。歯で噛む時の硬さにおいては試料 D と比較して、破断応力、破断歪率、破断エネルギーの全ての測定項目で試料間の有意差はみられなかった。煎餅を手で割った時の物理的特性では硬さ（プランジャー No. 6）の破断応力は、D と比べて d-1 はほぼ同等値であり、d-2 では増加し、d-3 は最も低くなったが、d-4 は最も硬くなった。破断歪率では飛粉無添加煎餅の D が最も高くなり、飛粉添加煎餅では

低値となった。破断エネルギーでは、D より d-1 は若干小さくなり、d-2 で大きくなった。D-3 は最も低値となり、d-4 は最高値となったが全ての試料間で有意差はみられなかった。焼成品の硬さにおける感覚の指標としては破断応力値、もろさの感覚の指標としては破断エネルギー値、破断歪率は変形の程度を表している¹²⁾。手で割った時の硬さは歯で噛んだ時の硬さよりかなり値は小さくなることがわかった。しかしいずれの条件でも添加量の違いによる有意差はみられず、添加量の影響を顕著にとらえることはできなかった。

(4) 飛粉添加煎餅の官能評価

4 種類の飛粉添加煎餅の順位法による官能評価を行い、フリードマンの順位検定および試料間の順位合計の差については最小有意差 (LSD) 法を用いて解析した結果を図 2 に示した。順位合計から「色の濃さ」、「硬さの強さ」、「臭みの強さ」の順位は、飛粉添加量の多い順に評価は低かった。好ましい順では「色の好み」は 10 % 添加、「硬さの好み」は 5 % 添加、「味の好み」は 5 % 添加煎餅が好まれ、「総合評価」において 5 % 添加の煎餅が好まれる集計結果となった。フリードマンの順位検定において「色の濃さ」、「臭みの強さ」、「色の好み」、「味の好み」では顕著に有意差 ($p < 0.01 \%$) がみられ、「硬さの好み」でも有意差 ($p < 0.05$) がみられたが、「硬さの順位」では有意差はみられなかった。それぞれの結果を試料間で比較すると色は飛粉添加量の増加に伴い濃くなることが顕著に現れた。肉眼観察による飛粉中のポリフェノールの酵素反応による褐変現象を視覚でとらえることができた。蒟蒻芋の褐変について既に大宝¹³⁾や東野ら¹⁴⁾は蒟蒻中にはポリフェノール酸化酵素やその基質となるフェノール誘導体が存在し褐変現象ができると報告している。木村ら⁵⁾は飛粉中の臭気成分であるトリメチルアミン、ジメチルアミンを測定し、飛粉の精製に超音波照射処理を行うことで臭気が緩和されることを報告している。煎餅に精製飛粉を使用した飛粉の独特な臭気はまだ残存し、嗅覚でとらえることができ、はっきりと添加量の違いを判別できていた。硬さも添加量の多い順に硬いと判別する傾向がみられた。好ましさでは色は淡色のものが好まれ、硬さは飛粉添加量が増えるほど、硬く好まれにくい傾向があることが分かった。味は飛粉量の少ないものが好まれ、飛粉の臭いが味の感覚にも影響を及ぼしていると考えられる。総合評価で最も少ない 5 % 添加煎餅が好まれる結果となったが、煎餅に用いる飛粉添加の限界量は有意差がみられなかった 5 % ~ 15 % 添加までが使用可能であろうと判断した。

(5) 主観的評価と客観的評価の関連性

官能評価の色の濃さの点数と色調測定値の明度 (L^*) について相関係数を算出し主観的評価値と客観的評価値を比較し相関性を検討した。d-1 は官能評価での点数が最も高く、有意に濃くないと判別され、明度は最も明るい結果となった。また、d-4 は官能評価で最も点数が低く、有意に濃いと判別され、明度も最も暗い値を示した。官能評価での色の濃い順と色調の明度 (L^*) との相関性をみると、相関係数は $r = 0.95$ となり飛粉添加量が多いほど明るさは低下し、官能評価の結果と一致した。これは色調の測定値が官能評価との極めて強い相関性を認め、客観的評価は主観的評価に対応することが確認できた。

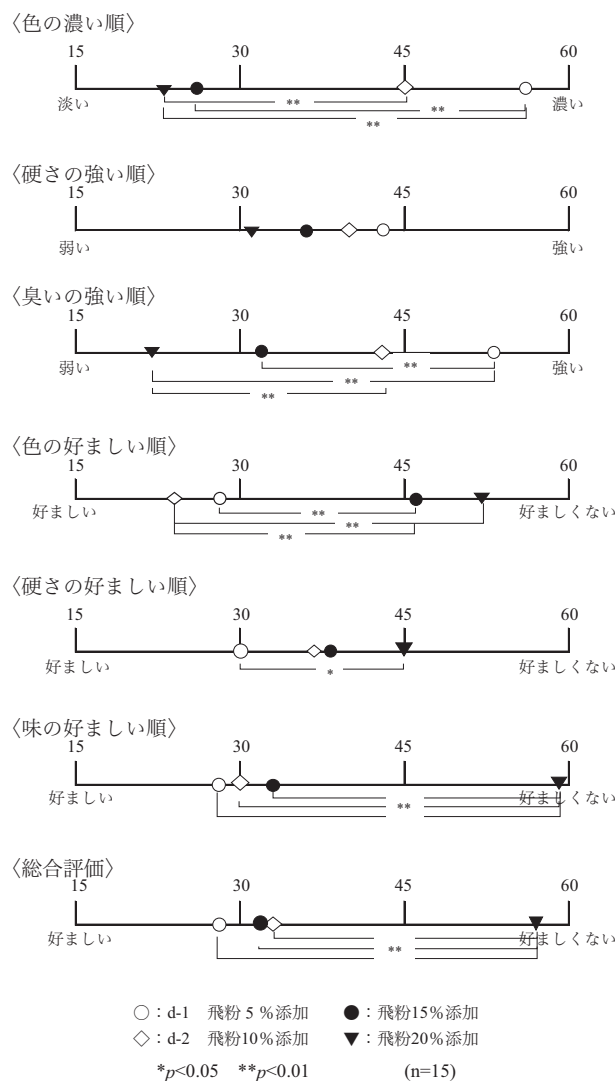


図2 飛粉添加煎餅の官能評価

4. まとめ

本研究では産業廃棄物として処理されてきた蒟蒻飛粉の食への利用拡大と環境負荷の低減化に寄与するため、精製飛粉を添加した煎餅の開発を試み、精製飛粉添加煎餅の最適調製条件を見出すことを目的に研究を行った。飛粉添加による煎餅への影響として、肉眼で顕著に観察できた色は蒟蒻芋中に含まれるポリフェノール酸化酵素の反応により、飛粉に褐変が生じ、その影響で飛粉添加量の増加にともない茶褐色が強くなることを確認した。また、精製飛粉には水分が多く含まれるため、この研究では、煎餅作成時に精製飛粉の水分含量を考慮して加水量を決定し生地を作成した。しかし、焼成後の煎餅の水分量、硬さ

の測定結果では飛粉添加による影響の差は顕著には確認できなかった。官能評価で好ましく感じる硬さにおいて飛粉添加量の5%から15%の試料間で有意差が見られなかったのは人間の嗜好には個人差があり、個人の触感に大きく影響したためと考える。煎餅の飛粉添加量の限界は15%までであることが示唆された。今後は今回の結果を踏まえ、材料の組み合わせや調製条件の改良なども考慮して、嗜好性の向上につながる研究を続けていきたい。

謝辞

本研究を進めるにあたり、飛粉をご提供いただきました関越物産株式会社寫田恵美香氏に心より感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 斉藤衛郎, 高橋敦彦, 武林亨: 高コレステロール血症の改善, 虚血性心疾患および糖尿病の予防のための食物繊維の適正摂取量, 日本栄養・食糧学会53(2), pp. 87-94 (2000)
- 2) 農林水産省大臣官房統計部: 農林水産省統計平成26年産こんにゃくいもの栽培・収穫面積及び収穫量(主産県), pp. 1-5 (2015)
- 3) 群馬県農林統計協会編, 最新こんにゃく全書—栽培・経営・流通・加工—, 群馬農林統計協会, p. 236 (1991)
- 4) 木村友子, 佐々木弘子, 亀田清, 菅原龍幸: 蒟蒻精粉製造過程で生ずる廃棄物飛粉の有効利用に関する基礎的研究, 日本食品学会誌12(2), pp. 30-36 (2001)
- 5) 木村友子, 佐々木弘子, 菅原龍幸: 飛粉の精製と精製飛粉添加パンの製パン性, 物性および食味特性, 日本家政学会51(2), pp. 137-145 (2000)
- 6) 木村友子, 佐々木弘子, 亀田清, 菅原龍幸, 中茎秀夫: 蒟蒻飛粉添加がビスケットの品質に及ぼす影響, 日本食生活学会13(1), pp. 50-56 (2002)
- 7) 木村友子, 佐々木弘子, 亀田清, 菅原龍幸, 石川健一: 蒟蒻飛粉添加が蕎麦麵の品質に及ぼす影響, 日本調理科学会35(3), pp. 266-274 (2002)
- 8) 木村友子, 佐々木弘子, 亀田清, 菅原龍幸: カステラの性状, 食味特性と保存性に及ぼす蒟蒻飛粉添加の影響, 日本家政学会54(4), pp. 271-279 (2003)
- 9) 川上元郎: 色の常識増補改訂2版, 日本規格協会, p. 86 (1983)
- 10) 大越ひろ・神宮英夫: 食の官能検査入門, 光生館, p. 64 (2009)
- 11) 倉賀野妙子, 上田隆宜, 久保美華, 勝田啓子: クッキーのスプレッドファクターに及ぼすポリグリセリン脂肪酸エステルの影響—焼成プロセスにおける物性変化—, 日本家政学会誌51(1), pp. 41-48 (2000)
- 12) 種谷真一, 林弘通, 川端晶子: 食品物性用語辞典, 養賢堂, p. 143 (1996)
- 13) 大宝明: コンニャクイモの褐変とポリフェノール酸化酵素の性質について, 栄養と食糧25, pp. 709-714 (1972)
- 14) 東野哲三, 藤田修二, 伊藤達郎: コンニャクイモ中のドーパミンについて, 栄養と食糧27, pp. 467-470 (1974)